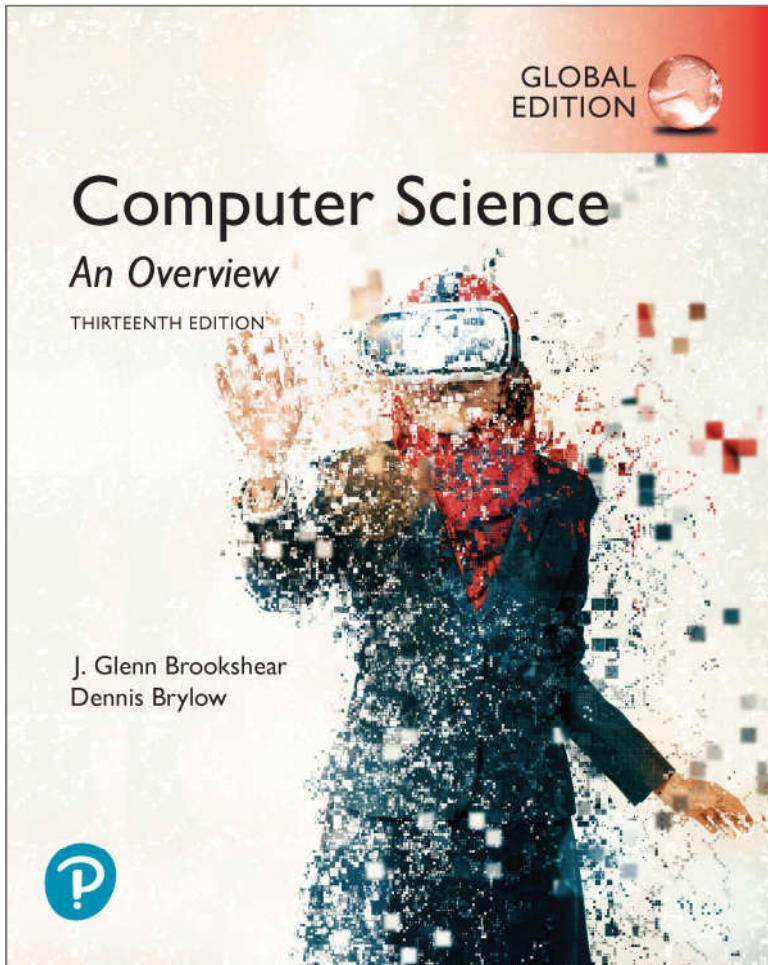


# Computer Science An Overview

13<sup>th</sup> Edition, Global Edition



## Chapter 10

### Computer Graphics

# Chapter 10: Computer Graphics

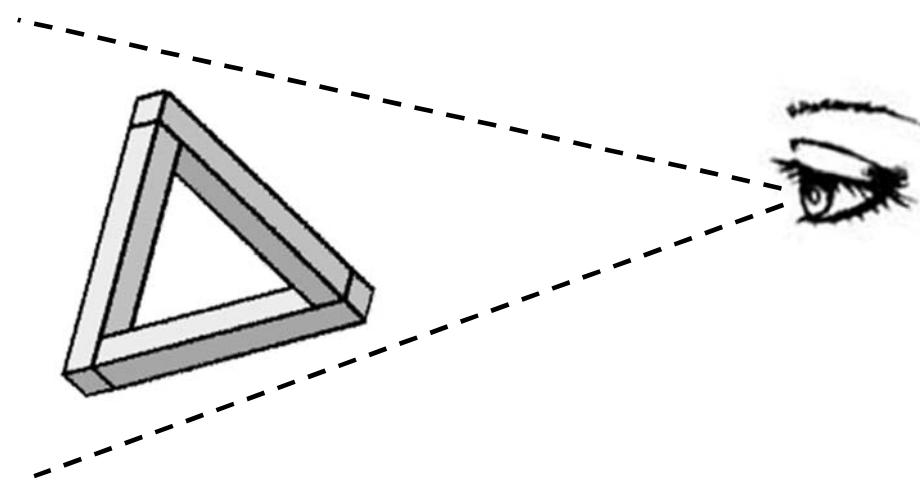
- 電腦視覺與影像處理的意義
- 影像的定義
- 影像的取得
- 影像種類
- 影像處理的目的
- 視覺處理的技術
- 影像處理與電腦視覺的應用
- 相關研究

# 電腦視覺與影像處理的意義

- 人眼視覺與電腦視覺的比較
  - 人類藉由五官：視 (sight)、聽 (hearing)、觸 (touch)、嗅 (smell)、味 (taste) 感知所處環境的一切。
  - 其中藉由視覺的認知占了 80 % 以上；因此視覺是人類最重要的知覺。
  - 若將電腦擬人化，那麼電腦視覺就是電腦最重要的知覺功能。

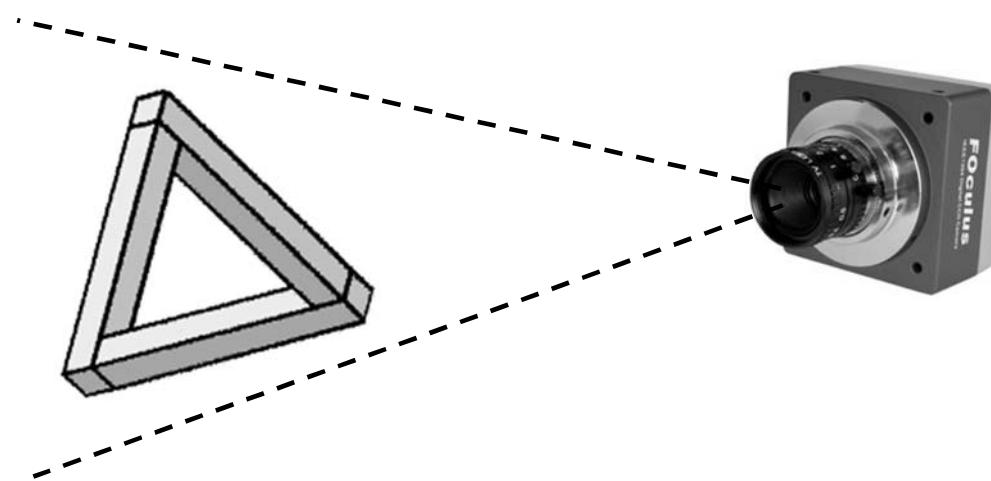
# 人眼視覺 (human vision)

- What ?
- Who ?
- Shape ?
- Color ?
- Where ?
- Distance ?
- Direction ?
- Motion ?
- Speed ?



# 電腦視覺 (computer vision)

- What ?
- Who ?
- Shape ?
- Color ?
- Where ?
- Distance ?
- Direction ?
- Motion ?
- Speed ?
- 電腦視覺的研究目的就是要讓電腦具有像人一樣的視覺能力。



# 先天的差異

| 人眼視覺   | 電腦視覺   |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>◆ 有一億個以上的感光細胞</li><li>◆ 是一個平行處理機</li><li>◆ 有優先認知的能力</li><li>◆ 有學習的能力</li><li>◆ 有時間序列的相互關聯能力</li><li>◆ 有適應亮度色彩變化的能力</li><li>◆ 有方向大小無關的辨識能力</li><li>◆ 有特殊的特性</li><li>◆ 有其他感官協助</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>◆ 只有百萬個感光元件</li><li>◆ 是一個循序處理機</li></ul> |
| <ul style="list-style-type: none"><li>◆ 長時間使用會疲勞</li><li>◆ 只能看可見光</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>◆ 不疲勞，且較準確</li><li>◆ 可以看多種電磁波</li></ul>  |

# 先天的差異

- 在結構與功能上，電腦視覺與人眼視覺有很大的差異。
- 電腦視覺先天不足的問題，要依賴後天演算法軟體的協助，才能創造出有用的自動化視覺偵測、檢測、分辨、認知、分析等系統。
- 因此在電腦視覺的應用技術發展上，我們無法創造一個具備多樣功能的視覺系統；一定要朝單一項目且專業的極端方向 (*non-general purpose*) 發展，以彌補電腦視覺先天不良的缺點。

# 電腦視覺與影像處理的關係

- 電腦視覺完全依賴相機 (camera) 取像分析，就像人完全依賴眼睛來看東西一樣
- 但若影像品質不好；例如，光線不足、亮度不均勻、影像模糊、背景複雜、解析度不夠、畫質不好、無深度資訊、.. 等影像問題；另外如偵測、動態分析、辨識、.. 等所需的特徵，都需要影像處理技術來解決。
- 因此影像處理是電腦視覺不可或缺的前置處理模組。

# 電腦視覺的技術內容

- 相較於人眼視覺的功能，電腦視覺內容包含：
  1. 影像處理：強化視覺資訊的顯著性及對比、去除雜訊、影像分割、特徵擷取、...
  2. 重建3D資訊：估計環境或物件的未知 3D 方位、結構、運動、.. 等參數，或重建物體、景觀模型、...
  3. 識別 (recognition)：分辨或分類已學習過的圖形、符號、..
  4. 了解 (understanding)：學習、認知、或推論不曾看過的圖形或符號。

# 影像處理的意義 (meaning)

- 影像處理 (image processing) 簡單說就是處理影像，讓人或機器 (電腦) 可以從處理後的影像中獲得更多、更有用的資訊，做更可靠的後續判斷、分析、及應用。

✿ 什麼是影像 ?      (what)  
什麼是處理 ?      (what)  
怎麼處理 ?      (how)       (Key point)

# 影像的定義 (definition)

- 什麼是影像
- 相片、影像、圖畫、及模式的比較
  - 相片 (picture)：連續色彩變化的圖畫 (也許有顆粒，但裸眼看不出)，因此從數學的觀點來描述，相片是一個連續二維空間的亮度函數。
  - 影像 (image)：將相片分割成一個個整齊排列的顆粒，再給予每一顆粒一個數值表示該顆粒的亮度；這樣的空間分割及亮度數值指定合稱為數位化 (digitalization) 或離散化 (discretization)。數位化後的相片就稱為影像

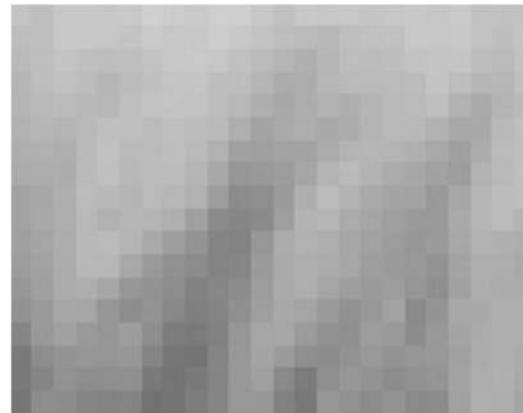
# 影像的定義 (definition)

- 圖畫 (drawing or painting or graph) : 一條線、一個圓、或一條曲線的作畫，且能在一封閉曲線內塗上一種顏色，然後存檔成一個個以向量方式表示的格式 (圖形的點座標和顏色都是用向量方式記錄)；現在很流行的電子地圖就是一種向量資料。
- 模式 (pattern) : 一張影像、一張相片、一張圖畫、一個圖形、一串字元、一串信號、一串語音、一堆符號、.. 都可以稱為一個模式。所以一張影像也是一個模式。

# 影像的定義 (definition)



相片或影像



影像



圖畫

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 養 | 鐵 | 鹽 | 礦 | 參 |
| 染 | 捌 | 拾 | 壹 | 貳 |
| 陸 | 零 | 肆 | 萬 | 億 |
| 伍 | 玖 | 佰 | 仟 | 兆 |

模式

# 影像的定義 (definition)

- 圖畫與影像的差別不在於畫面內容，而是在於檔案的資料結構與格式。圖畫的資料稱為向量資料 (vector data)；而影像是一點一點的掃描記錄資料，稱為掃描資料 (raster data)。
- 應用觀點的比較
  - 影像的資料量比圖畫多很多
  - 影像比圖畫更能準確表現區塊內部的變異
  - 圖畫比影像更能準確表現外型輪廓的變化特別是畫面縮小放大時

# 影像的定義 (definition)

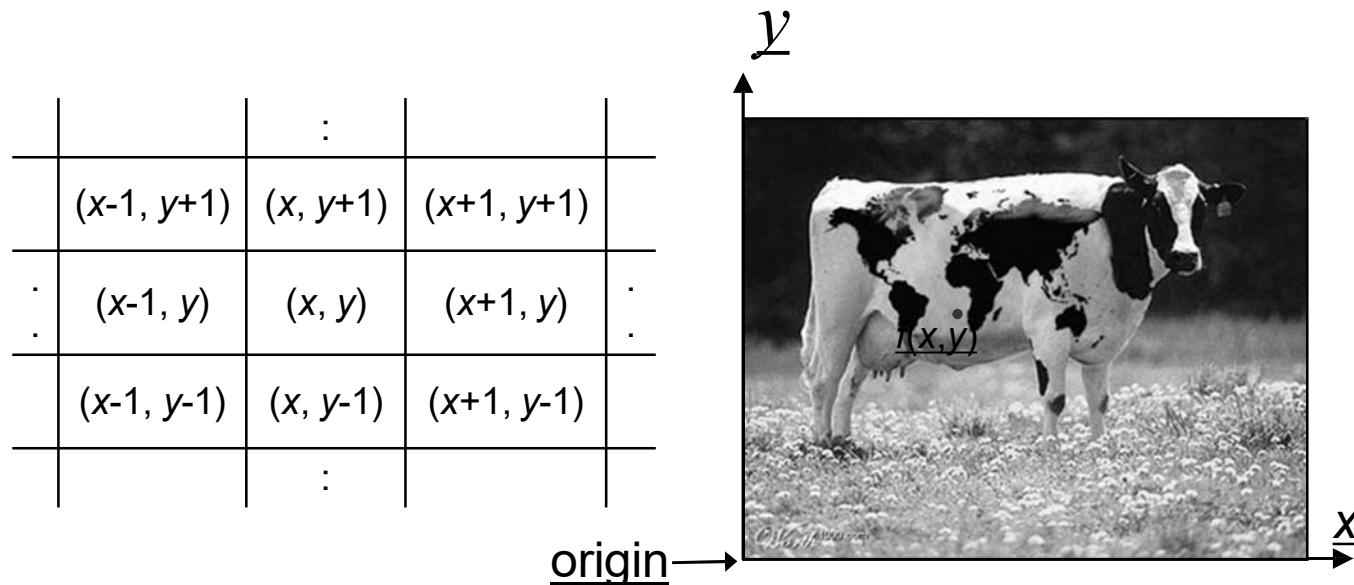
- 比較不同



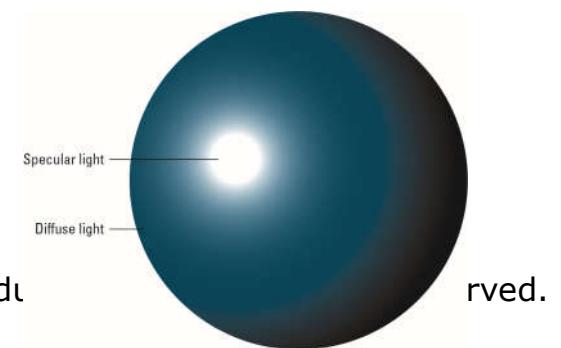
- 答案不是唯一
  - 不同解析度的影像
  - 圖畫與影像的不同；左邊是向量描邊字，右邊是點矩陣的掃描字。

# 影像的表示 (representation)

- 一張單色影像 (monochrome image) 或灰階影像 (gray-level image) 簡稱為影像，是一個二維的亮度函數  $f(x, y)$ ，其中  $x, y$  是二維影像的空間座標 (spatial coordinates)，而函數值  $f$  是  $(x, y)$  點的亮度值 (brightness or intensity)。

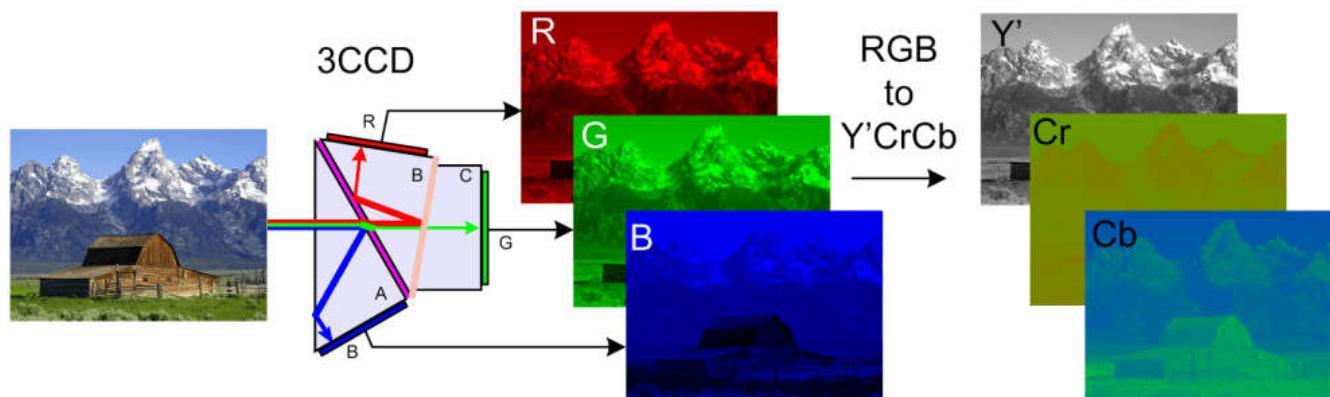


- 亮度是一種能量 (energy) , 所以亮度必需是大於零，小於無窮大的數值， $0 < f(x,y) < \infty$  。
- 平常，我們所看到的物體大部份都不會發光，而是反射光源的光。所以我們看到該物體表面的亮度  $f(x, y)$  是光源照度  $i(x, y)$  乘以物體表面材質的反射係數  $r(x, y)$  所構成的 ,
  - $f(x, y) = i(x, y) r(x, y)$  ,
  - 其中  $0 < i(x, y) < \infty$  ,  $0 < r(x, y) < 1$  。
    - $i(x,y)$  光源照度 (illumination) : 外界光源照射在物體表面所呈現的亮度。
    - $r(x,y)$  反射係數 (reflectance) : 物體表面反射外界光源照度的比例係數。



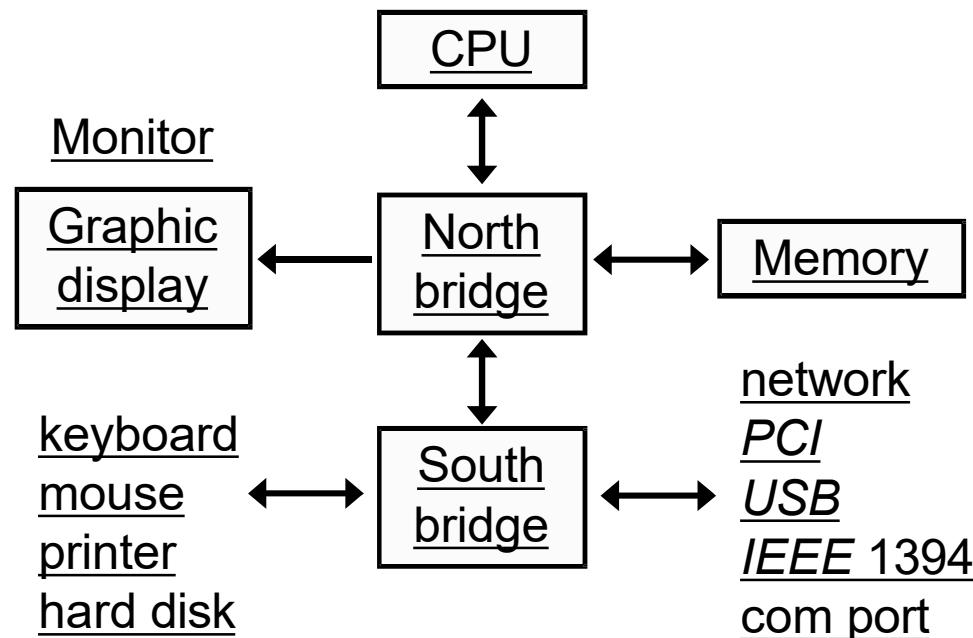
- 在單色影像中亮度值稱為灰階 (gray level)。所以灰階是能量的表現；灰階是一個離散的整數、非負的、且有極限的數值。一張影像的最小至最大灰階範圍稱為灰階尺度 (gray scale)。
- 影像中一點一點的顆粒稱為相片單元 (picture element)，縮寫為像素 (pixel)，也有人稱畫素。
- 所以一張影像就是將相片在空間中分割成一點一點整齊排列的像素，再給予每一點一個整數數值表示該點的灰階。一張影像的結構可視為一個矩陣，矩陣的行列定義像素的位置，而矩陣元素的數值就是該像素的灰階。

- 寫影像處理或電腦視覺程式時，影像的座標系統可以由個人自由定義，只要座標的定義在個人程式中從頭到尾始終一致就可以。
- 彩色影像 (color image) 則視為重疊三張紅藍綠單色影像而成
  -



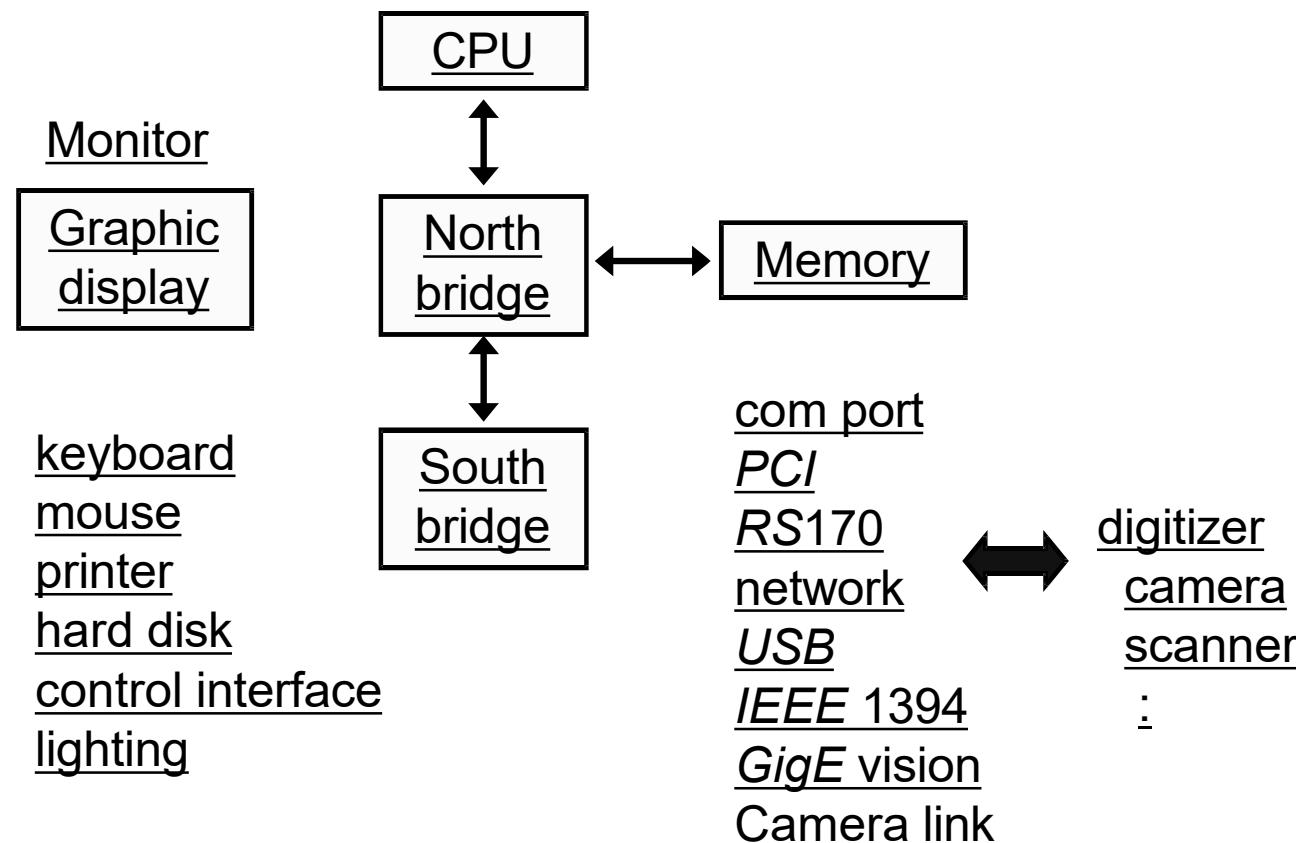
# 影像的取得 (Acquisition)

- 影像處理系統
  - 一般電腦系統



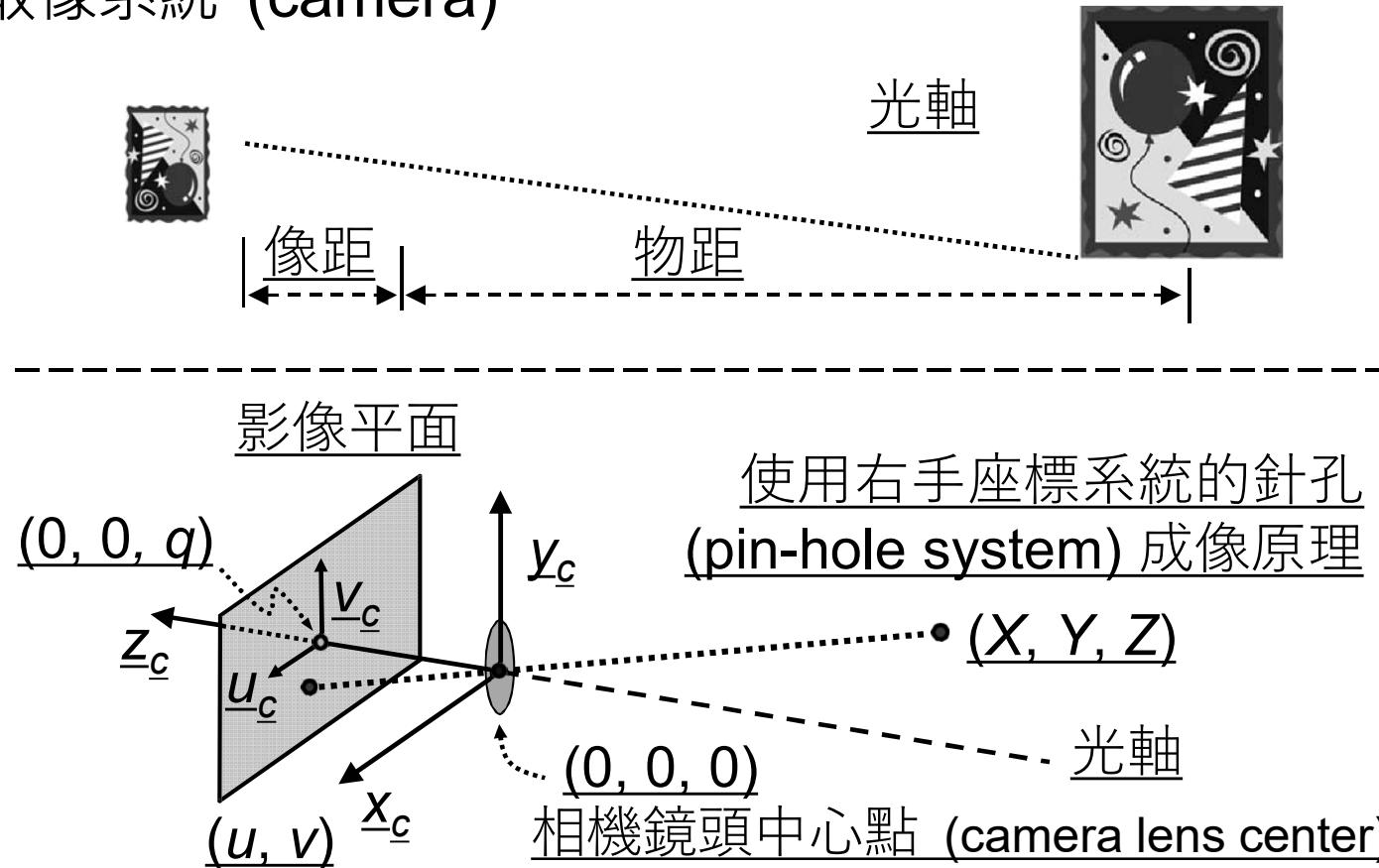
# 影像的取得 (Acquisition)

## — 影像處理系統



# 影像的取得 (Acquisition)

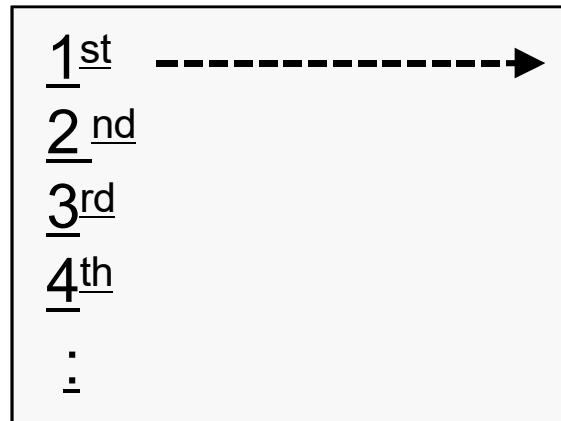
- 取像系統 (camera)



# 影像的取得 (Acquisition)

- 影像檔案格式 (image file formats)
  - 一列一列的紀錄影像灰階或色彩值，又稱為以列為主 (row major) 的紀錄方式。

Example (a 5×6 image)

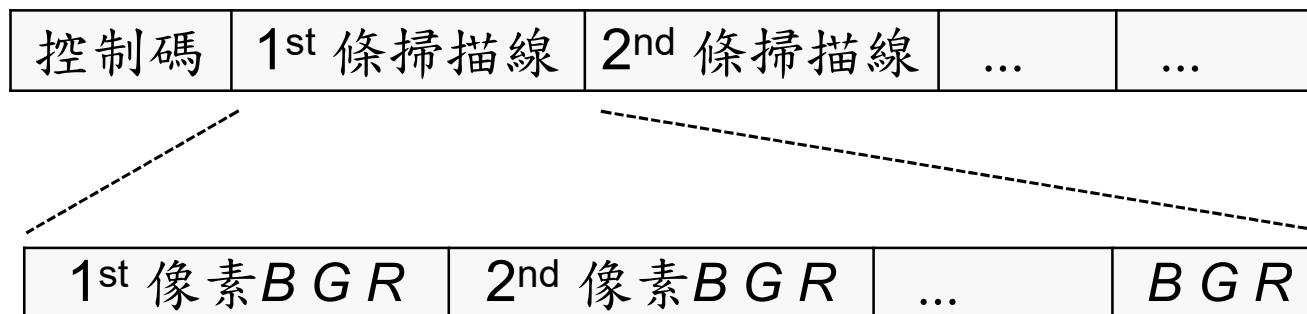


|   |   |   |    |    |    |
|---|---|---|----|----|----|
| 1 | 3 | 4 | 6  | 8  | 6  |
| 5 | 7 | 5 | .. | .. | .. |
| : |   |   |    |    |    |
| : |   |   |    |    |    |
|   |   |   |    |    |    |

至少要記錄 [5; 6; 1, 3, 4, 6, 8, 6, 5, 7, 5, ...]

# 影像的取得 (Acquisition)

- 順序結構 (Sequence structure) 的影像資料



- 控制碼（描述影像資料的資料）裡除了有影像的長寬外，通常還會有影像類型（黑白、灰階、彩色）、每一像素用多少位元 (bits/pixel) 、... 等資料。
- 每一種影像檔案格式的控制碼定義不一樣，在網路上可以找到一些可讀取各式影像檔案格式的自由軟體，請參考相關手冊。

# 影像處理的目的

- 利用電腦來改進影像的品質。improvement of pictorial information for human interpretation
- 利用電腦來促進"以視覺為基礎的機器"自動化；(processing of scene data for autonomous machine perception)；也就是說“影像處理是任何以視覺為基礎的自動化工作的前置處理 (pre- processing)"。

# 視覺處理的技術

- 常用的影像處理運算 (operations)：
  - 影像轉換、色彩轉換與分析、影像強化、特徵擷取、影像分割、影像表示與描述、影像壓縮、影像重建、.. 等。
- 與應用相關的技術 (techniques)：
  - 影像浮水印技術 (watermarking)、圖形識別 (pattern recognition)、三維電腦視覺 (3D computer vision)、動態分析與追蹤 (motion analysis & tracking)、.. 等。

# 影像轉換 (image transformations)

- 幾何轉換 (geometric transformation)



Skewing



- 幾何校正 (geometric rectification)、扭曲校正



變形 (扭曲) 影像。



扭曲校正後的影像。

- 空間轉換 (transformation)；例如，

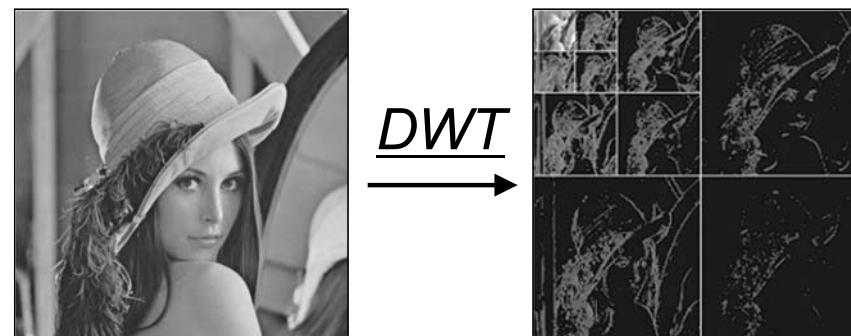


傅立葉轉換

Fourier transform. Spatial data.

Frequency data.

小波轉換



Wavelet transform. Spatial data. Wavelet coefficients

- 色彩轉換與分析 (color transformation)
- 色彩在影像處理、視覺認知、及色彩輸出的應用非常廣泛；例如，電視、投影機、平面顯示板、彩色印表機、發光二極體 (LED)、.. 等。
- 顏色的產生是物理及化學的問題，但在電子色彩的呈現上，要做精密的計算才能製造出正確的顏色；因此要有準確的色彩表示 (representation) 及轉換公式 (transformation)。而且這些表示式及轉換公式 還要加入人類視覺系統對於顏色的感知 (perception)，這是人類生理 (physiology) 及心理 (psychology) 的問題；所以色彩的分析是相當複雜的。

- 不受陰影影響的道路偵測
  - 電腦視覺可能誤認地上陰影為障礙物。
  - 以 IHS 色彩中的 HS 資訊做區塊分割可獲得較完整的地面區塊。



鄉間小路。



偵測出的路面區塊。

# 影像強化 (image enhancement)

- 強化對比 (contrast enhancement)
  - 擴大影像中灰階 (gray level) 或色彩的對比。



原始影像



對比強化影像

- 雜訊去除 (noise removing)
- 去除影像中因不良傳輸或干擾所造成的雜訊。



原始影像



雜訊去除影像

- 平滑化 (smoothing)
- 去除影像中因不良取像或量化所造成的雜訊，同時會使得影像變模糊
  -

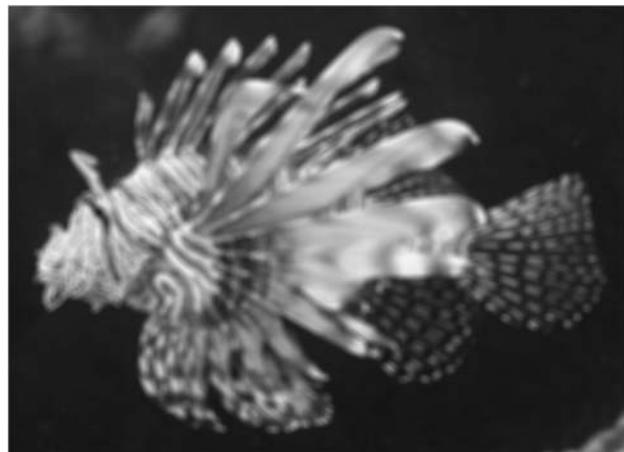


原始影像



區塊雜訊去除影像

- 銳利化 (sharpening)
- 強化影像中物體或景觀的邊緣效果。

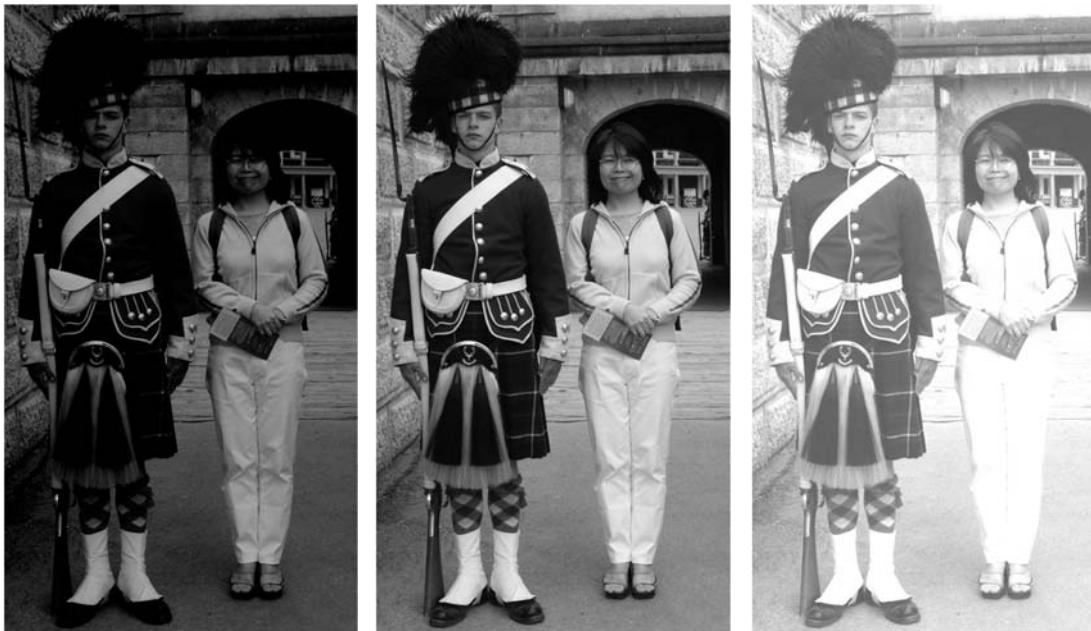


原始影像



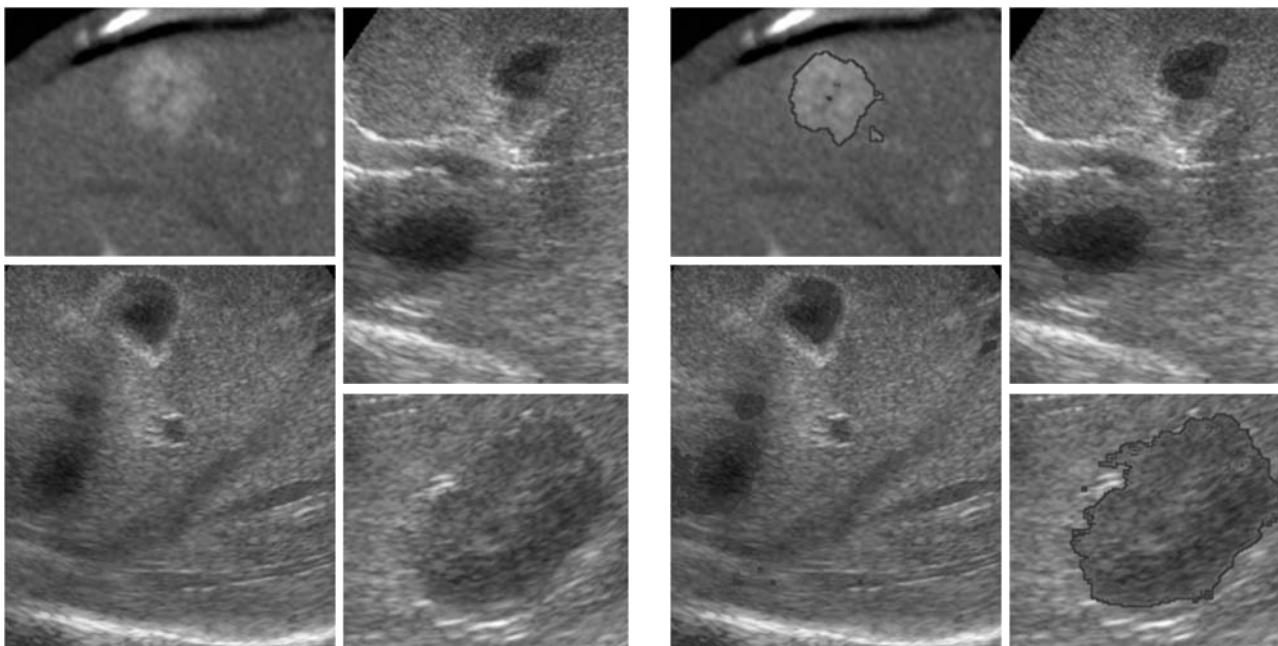
銳利化影像

- 色彩強化 (color enhancement)
  - 強化彩色影像的亮度對比 (圖例)
  - 加塗色彩於黑白影像 (e.g., 26頁的假色影像)



過暗影像。 強化的影像。 過亮影像。

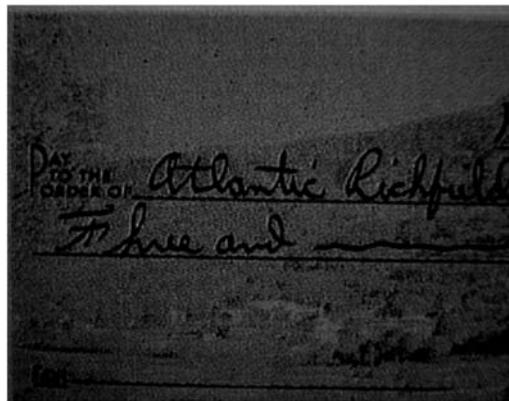
- 特徵擷取 (feature extraction)
- 擷取影像中點、線、邊、角、區域、.. 等特徵



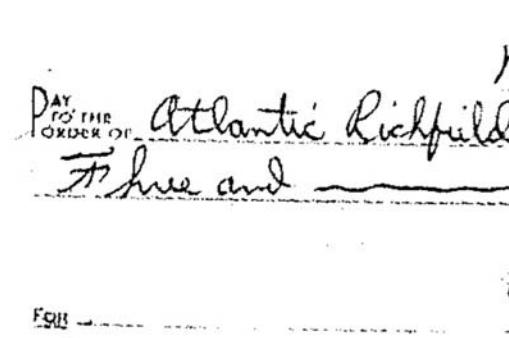
斷層掃描及超音波影像。

- 影像分割 (image segmentation)
- 影像分割：將影像分割成幾個 "有意義" 的部份

原始影像



分割結果



假色影像



# 圖形識別

- 圖形識別 (pattern recognition, PR) 是研究如何比較影像中物體 (或景觀) 的相似程度，以達到分辨物體 (或景觀) 的目的。
- 去認識本來就不知道的東西，不是圖形識別，而是推論 (inference) 或認知 (understanding)；推論或認知比圖形識別難許多。
- 從“識別”衍生出幾個意義相同，但應用不同的專有名詞：
  - 比對 (matching)、
  - 分類 (classification)、
  - 確認 (identification)

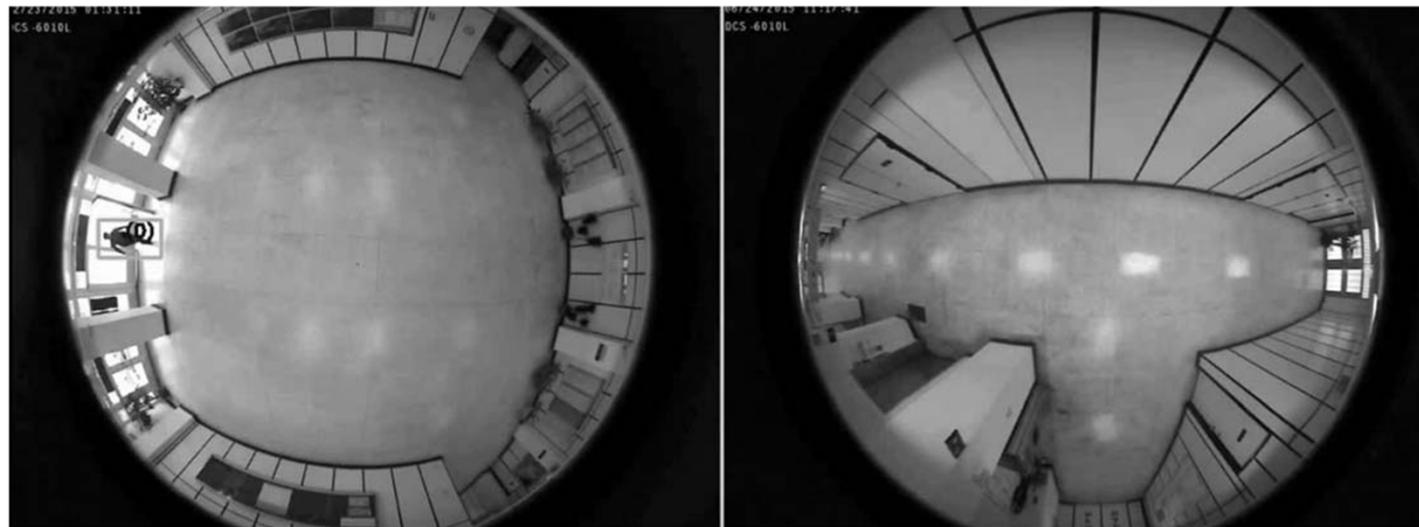
- 圖形識別的方法 (approach) 有兩類：
  - 統計式圖形識別 (statistic PR)
  - 語法式圖形識別 (syntactic PR)。
- 統計式圖形識別的主要識別方式有二：
  - 將未知的圖形直接與放在資料庫中所有相關的已知圖形做相似度的比較。
  - 先將資料庫中的已知圖形做分類，然後再決定未知的圖形是屬於其中那一類。

- 圖形識別的應用
  - 文字識別 (optical character recognition, OCR)
  - 指紋識別或確認 (fingerprint recognition)
  - 臉部辨識 (facial recognition)
  - 印鑑確認 (seal identification)
  - 簽名確認 (signature identification)
  - 染色體識別 (chromosome recognition)
  - 物體識別 (object recognition)
  - 景觀辨認 (scene recognition)
  - e.g., 巡弋飛彈 (cruise missile)。

# 運動分析與追蹤

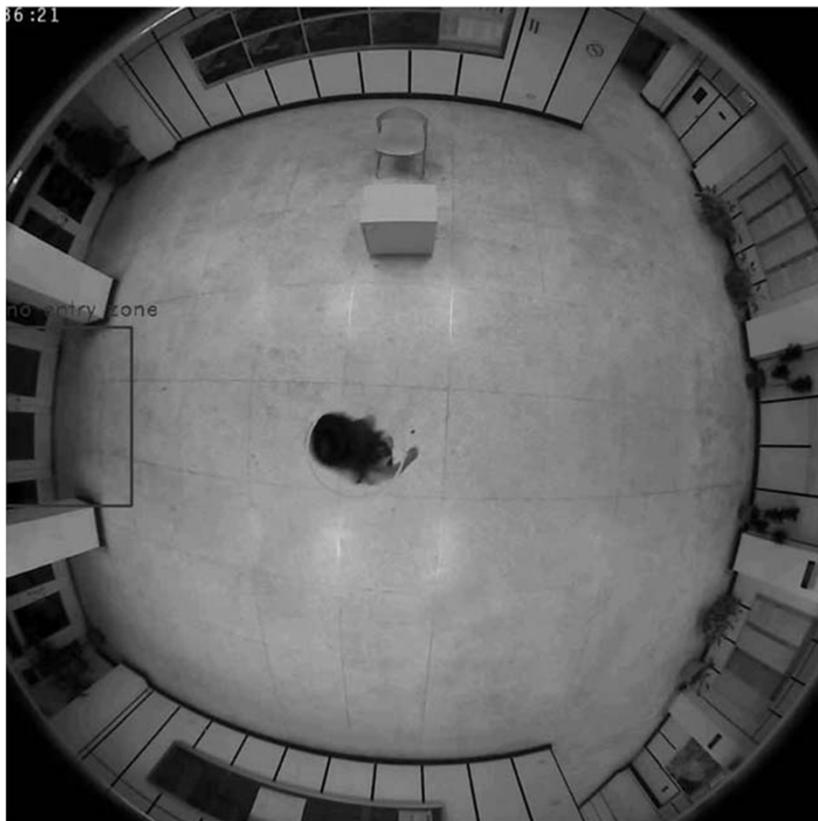
- 運動分析 (motion analysis)：估計與預測移動物體在影像平面或在三度空間中的運動方向、速度、加速度、及軌跡。
- 追蹤 (tracking)：是以相機連續拍攝影像，偵測影像中移動的物件 (人、動物、物體、車輛等)，进而連續追蹤該物件。
- 追蹤的多種不同型態：(i) 相機不動，(ii) 相機固定轉動，(iii) 相機任意轉動，(iv) 相機鏡頭可變焦，(v) 相機可移動、及 (vi) 相機可任意轉動移動變焦。

- 追蹤的主要技術有：
  - 卡曼濾波器 (Kalman filter), 粒子濾波器(particle filter), 光流資訊 (optical flow), .. 等。



多相機聯合追蹤

- 以魚眼鏡頭相機 (fish-eye camera) 偵測危險位置與動作 (例如，跌倒、爬高) 等範例



- 無人機主動視覺追蹤
  - 改進 Kernel correlation filter (*KCF*) 追蹤法，可適應尺度變化，且在 *KCF* 追蹤失敗時，即刻啟動特徵匹配的再偵測演算法重新找回目標。

